



Let to 300
2-11-95
JP 2101
PATENT

AT 15
#25
55-45
5-5W3
4/3/95

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of: Tanitsu et al.

Serial No.: 08/365,532

Group Art Unit: To be assigned

Filed: December 28, 1994

Examiner: To be assigned

For: ILLUMINATION OPTICAL
APPARATUS AND SCANNING
EXPOSURE APPARATUS

Attorney Docket No.:
7954-034

SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Honorable Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Sir:

Applicants submit herewith a certified copy of Japanese priority application No. 51490, which is claimed in the applicants' "Declaration and Power of Attorney."

Applicants have previously submitted certified copies of Japanese priority application nos. 295458 and 19098 in the parent application Serial No. 08/147,269, which are likewise claimed in the applicants' "Declaration and Power of Attorney."

Respectfully submitted,

Kevin L.F. Luo, Reg. No. 37,004

For Charles E. Miller 24,576
Charles E. Miller (Reg. No.)

Date March 21, 1995

PENNIE & EDMONDS
1155 Avenue of the Americas
New York, New York 10036-2711
(212) 790-9090

EXPRESS MAIL CERTIFICATION

"Express Mail" label No. TB 686 622 585 US

Date of Deposit March 21, 1995

I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 C.F.R. 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231.

MICHAEL VIGUITE

(Type or print name of person mailing paper or fee)

(Signature of person mailing paper or fee)

PENY2-357347.1

08/365532
NIK93-6A US



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
in this Office.

願 年 月 日
Date of Application:

1994年 3月23日

願 番 号
Application Number:

平成 6年特許願第051490号

願 人
Applicant(s):

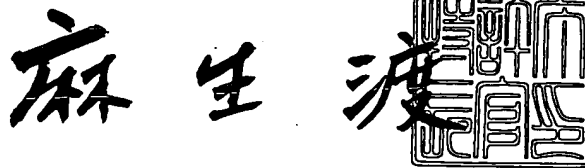
株式会社ニコン

BEST AVAILABLE COPY

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

1994年 6月30日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office



出証番号 出証特平06-3033470

【書類名】 特許願

【整理番号】 93P01994

【提出日】 平成 6年 3月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 照明光学装置

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
内

【氏名】 山元 規彰

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
内

【氏名】 森 孝司

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代表者】 小野 茂夫

【代理人】

【識別番号】 100098165

【弁理士】

【氏名又は名称】 大森 聡

【電話番号】 044-900-8346

【手数料の表示】

【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 019840

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9115388

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照明光学装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定形状の光束断面を有する光を供給する光源系と、

該光源系からの光束よりほぼ正形状又はほぼ円形状に配列される複数の光源像を形成する第1多光源像形成手段と、

該第1多光源像形成手段からの光束より、ほぼ長形状又はほぼ直線状に配列される複数の光源像を形成する第2多光源像形成手段と、

前記第2多光源像形成手段からの光束よりほぼ正形状又はほぼ円形状に配列される複数の光源像を形成する第3多光源像形成手段と、

該第3多光源像形成手段複数からの光束を集光して被照射面を照明するコンデンサー光学系と、

前記第1及び第2多光源像形成手段の間に配置されて前記第1多光源像形成手段により形成される光源像の位置と前記第2多光源像形成手段により形成される光源像の位置とを共役にするための第1リレー光学系と、

前記第2及び第3多光源像形成手段の間に配置されて前記第2多光源像形成手段により形成される光源像の位置と前記第3多光源像形成手段により形成される光源像の位置とを共役にするための第2リレー光学系と、

を有することを特徴とする照明光学装置。

【請求項2】 前記第1多光源像形成手段は、長形状の断面を有する複数のレンズ素子よりなることを特徴とする請求項1記載の照明光学装置。

【請求項3】 前記第2多光源像形成手段は、少なくとも1列に配列された複数のレンズ素子からなることを特徴とする請求項1又は2記載の照明光学装置。

【請求項4】 前記第3多光源像形成手段は、長形状の断面を有する複数のレンズ素子からなることを特徴とする請求項1、2又は3記載の照明光学装置。

【請求項5】 前記第1、第2及び第3多光源像形成手段の内の少なくとも1つは、内面反射型の光学部材で構成されることを特徴とする請求項1記載の照

明光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、被照射面上の例えば長形状又は円弧状の照明領域を照明するための照明光学装置に関し、特に、半導体素子又は液晶表示素子等を製造するための露光装置の照明系に適用して好適なものである。

【0002】

【従来技術】

半導体素子又は液晶表示素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程で使用する露光装置用の照明系では、高い解像度でレチクル（又はフォトマスク等）のパターンを被露光基板（ウェハ、ガラスプレート等）上に露光するため、レチクル上の照明領域での照度分布均一性を高めることが要求されている。更に、露光用光源の寿命を延ばすため、露光用光源からの照明光を高い効率で照明領域に導く必要がある。また、従来の露光装置としては、被露光基板の各ショット領域にそれぞれレチクルのパターンを一括露光する投影露光装置（ステッパー等）が多用されていた。

【0003】

図5（a）は、従来の一括露光方式の露光装置に使用される照明系を示し、この図5（a）において、水銀ランプ等の光源11は楕円鏡12の第1焦点に配置されている。その光源1から射出された光束は、楕円鏡12によりその第2焦点に集光された後、コリメータレンズ13により平行光束に変換される。この平行光束は、断面が四角形のレンズ素子63aの集合体からなるフライアイレンズ63に入射し、フライアイレンズ64の射出側に複数の光源像が形成される。この光源像位置には円形状の開口部を有する開口絞り91が配置され、開口絞り91内の光源像からの光束は、コンデンサーレンズ92によって集光されて、被照射物体としてのレチクルRを重疊的に均一な照度で照明する。

【0004】

その照明光のもとで、レチクルR上の回路パターンは、レンズ93a及び93

bよりなる投影光学系93を介してウエハW上に転写される。ウエハWは、投影光学系93の光軸に垂直な2次元平面内でウエハWを位置決めするウエハステージWS上に載置され、ウエハW上での1つのショット領域への露光が完了すると、ウエハステージWSによりウエハW上の別の露光対象のショット領域が投影光学系93の露光フィールドに移動するという、所謂ステップ・アンド・リピート方式で露光が行われる。

【0005】

この場合、コンデンサーレンズ92により、レチクルR上の照明領域とフライアイレンズ63を構成する個々のレンズ素子93aの入射面とがそれぞれ共役に設定されている。そして、レチクルR上の照明領域はほぼ正形状であり、照明効率を高めるためフライアイレンズ93の個々のレンズ素子93aの断面形状（即ち、入射面の断面形状）もほぼ正形状である。また、楕円鏡12により集光された後、コリメータレンズ13を介した光束の断面形状はほぼ円形であり、その光束の利用効率を高めるため、図5（b）に示すように、フライアイレンズ63の断面の外形はほぼ円形状とされていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

上述のようにレチクル上の照明領域がほぼ正形状である場合には、1段のフライアイレンズを用いることにより、比較的高い照度分布均一性で且つ照明光の利用効率を高めてその照明領域を照明できる。

ところで、最近、照明系によりレチクル上の長形状又は円弧状等の照明領域を照明し、この照明領域に対してレチクルを走査し、その照明領域と共役な露光領域に対して同期して被露光基板を走査しながら露光を行うスリットスキャン方式、又はステップ・アンド・スキャン方式等の走査露光方式の露光装置が注目されている。このような走査露光方式によれば、例えば大型のレチクルのパターンを高いスループットで露光できると共に、被露光基板上で投影光学系の露光フィールドより広い領域にレチクルのパターンを露光できる。

【0007】

この場合、例えば図5（a）において、レチクルR上の照明領域の形状が長方

形状であるとする、その照明光の利用効率を高めるためには、その照明領域とフライアイレンズ63の各レンズ素子63aの断面形状とを共役（相似）にするのが望ましい。そのため、そのフライアイレンズ63の代わりに、図5（c）に示すように断面形状が長方形のレンズ素子94aを束ねた構成のフライアイレンズ94を使用することが望ましい。

【0008】

しかしながら、図5（c）に示す如き断面形状を有するフライアイレンズ94を使用した場合には、縦方向と横方向とで配置されるレンズ素子の数が大きく異なるため、照明領域における縦方向と横方向とでは重畳される光源像からの光束の個数が大きく異なるようになる。そのため、レチクルR上の長形状の照明領域では、長手方向と短辺方向とで照度分布均一性が大きく異なり、結果として照度むらが生ずるという不都合がある。

【0009】

これに関して、本出願人は特願平5-19098号において、オブティカル・インテグレータを2段配置して、縦方向及び横方向の照度分布を均一化した照明光学装置を提案した。ところが、この照明光学装置では、初段のオブティカル・インテグレータとして外形が長形状になる場合がある。このように外形が長形状の初段のオブティカル・インテグレータに、図5（a）のコリメータレンズ13から射出される断面形状がほぼ円形の光束を供給する場合には、その光束をビームエキスパンダを介して断面形状が楕円状の光束に変換することが考えられるが、このように断面形状を楕円状としてもその初段のオブティカル・インテグレータにおける光量損失が大きいという不都合がある。

【0010】

本発明は斯かる点に鑑み、断面形状が例えば円形状等の光束を供給する光源を用いて被照射面上の長形状又は円弧状等の照明領域を照明する場合に、高い照度分布均一性で、且つ高い照明効率でその被照領域を照明できる照明光学装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明による照明光学装置は、例えば図1に示す如く、所定形状（円形状等）の光束断面を有する光を供給する光源系（1）と、この光源系からの光束よりほぼ正形状又はほぼ円形状に配列される複数の光源像を形成する第1多光源像形成手段（2）と、この第1多光源像形成手段からの光束より、ほぼ長形状又はほぼ直線状に配列される複数の光源像を形成する第2多光源像形成手段（4）と、この第2多光源像形成手段からの光束よりほぼ正形状又はほぼ円形状に配列される複数の光源像を形成する第3多光源像形成手段（6）と、この第3多光源像形成手段複数の光束を集光して被照射面（R）を照明するコンデンサー光学系（7）と、それら第1及び第2多光源像形成手段の間に配置されて第1多光源像形成手段（2）により形成される光源像の位置と第2多光源像形成手段（4）により形成される光源像の位置とを共役にするための第1リレー光学系（3）と、それら第2及び第3多光源像形成手段の間に配置されて第2多光源像形成手段（4）により形成される光源像の位置と第3多光源像形成手段（6）により形成される光源像の位置とを共役にするための第2リレー光学系（5）と、を有するものである。

【0012】

この場合、第1多光源像形成手段（2）の一例は、長形状の断面を有する複数のレンズ素子（2a）よりなるものである。

また、第2多光源像形成手段（4）の一例は、少なくとも1列に配列された複数のレンズ素子（4a）からなるものである。

また、第3多光源像形成手段（6）の一例は、長形状の断面を有する複数のレンズ素子（6a）からなるものである。

【0013】

更に、それら第1、第2及び第3多光源像形成手段の内の少なくとも1つを、例えば図3に示すように内面反射型の光学部材（21, 41, 61）で構成してもよい。

【0014】

【作用】

斯かる本発明によれば、第1多光源像形成手段（2）は、光源系（1）から供

給される光束よりほぼ正形状又は円形状に配列された複数の光源像を形成する。即ち、その第1多光源像形成手段(2)がフライアイレンズである場合、その外形はほぼ正形状又は円形状となる。従って、光源系(1)から供給される光束の断面形状が例えば円形状であっても、その光束は大部分が第1多光源像形成手段(2)に入射するため、光量損失が少なく、照明効率が高い。

【0015】

更に、第1多光源像形成手段(2)による複数の光源像からの光束より、第2多光源像形成手段(4)によりほぼ長形状又は直線状に配列された複数の光源像が形成される。この際、第2多光源像形成手段(4)による光源像の縦横の配列ピッチを調整することにより、第2多光源像形成手段(4)の入射面での光量損失を少なくできる。同様に、第3多光源像形成手段(6)による光源像の縦横の配列ピッチを調整することにより、第3多光源像形成手段(6)の入射面での光量損失を少なくできる。また、第2多光源像形成手段(4)による多数の光源像がほぼ長形状又は直線状に配列されているため、被照射面(R)上の長形状又は円弧状の照明領域を含む領域を均一な照度分布で、且つ高い照明効率で照明できる。

【0016】

次に、第1及び第2多光源像形成手段(2, 4)がそれぞれフライアイレンズよりなる場合、第1のフライアイレンズ(2)を構成する個々のレンズ素子(2a)の入射面がそれぞれ第2のフライアイレンズ(4)の入射面(外形がほぼ長形状又は直線状)と共役となる。従って、第1のフライアイレンズ(2)のレンズ素子(2a)の断面形状を長形状(又は直線状)とすることにより、照明効率が高まる。

【0017】

この場合、第2のフライアイレンズ(4)の外形はほぼ長形状又は直線状であるが、このような第2のフライアイレンズ(4)はレンズ素子(4a)を1列又は複数列に配列することにより構成できる。

次に、第3多光源像形成手段(6)がフライアイレンズよりなる場合、このフライアイレンズ(6)を構成する個々のレンズ素子(6a)の入射面がそれぞれ

被照射面（R）上の照明領域と共役となる。従って、第3のフライアイレンズ（6）のレンズ素子（6a）の断面形状を長方形状とすることにより、被照射面（R）上の長方形状の照明領域を高い照明効率で照明できる。

【0018】

更に、それら第1、第2及び第3多光源像形成手段の内の少なくとも1つを、例えば図3に示すようにロッドインテグレータ等の内面反射型の光学部材（21，41，61）で構成した場合には、それら内面反射型の光学部材（21，41，61）の入射面側に複数の光源像（虚像も含む）が形成される。従って、フライアイレンズを使用した場合と同様に、被照射面（R）上の照明領域を高い照度分布均一性で照明できる。

【0019】

【実施例】

以下、本発明による照明光学装置の第1実施例につき図1を参照して説明する。本実施例は、本発明の照明光学装置を半導体製造用の露光装置の照明系に適用したものである。

図1（a）は本実施例の照明光学装置を示し、この図1（a）において、光源系1は、楕円鏡12、この楕円鏡12の第1焦点位置に配置されg線（436nm）、i線（365nm）又はh線（407nm）等の光束（露光光）を出力する水銀ランプ等の光源11、及びコリメータレンズ13より構成されている。光源11から出力された光束は、楕円鏡12の集光作用により楕円鏡12の第2焦点位置に光源像を形成し、この光源像からの光束がコリメータレンズ13によって平行光束に変換される。この平行光束は、ほぼ正方形状に配列された複数の光源像を形成する第1多光源形成手段としてのフライアイレンズ型のオプティカル・インテグレータ2に入射する。この照明光学装置の光軸に平行にY軸を取り、Y軸に垂直で且つ図1（a）の紙面に平行にX軸を取り、Y軸に垂直で且つ図1（a）の紙面に垂直にZ軸を取る。

【0020】

図1（b）に示すように、オプティカル・インテグレータ2は、長方形状の断面形状を有する複数のレンズ素子2aを、X方向に6行、且つZ方向に2列で外

形が正形状になるように束ねて構成されている。レンズ素子2aの断面形状は、後述の第2多光源形成手段としてのオプティカル・インテグレータ4（図1（c））の全体の断面形状と相似になるように形成されている。オプティカル・インテグレータ2を構成する各レンズ素子2aに入射した光束は集光され、各レンズ素子2aの射出側にそれぞれ光源像が形成される。従って、図1（a）において、オプティカル・インテグレータ2の射出面（射出側焦点面）A1には、レンズ素子2aの数に相当する複数の光源像がほぼ正形状に配列されて形成され、ここには実質的に2次光源が形成される。

【0021】

その射出面A1近傍に円形開口を有する光量調整用の開口絞り31が配置され、オプティカル・インテグレータ2によって形成された複数の2次光源の内、開口絞り31内の2次光源からの光束は、レンズ32及び33よりなるリレー光学系3によって集光され、長形状に配列された複数の光源像を形成する第2多光源形成手段としてのフライアイレンズ型のオプティカル・インテグレータ4に入射する。図1（c）に示すように、オプティカル・インテグレータ4はほぼ正形状の断面を有するレンズ素子4aを、X方向に3行、且つZ方向に9列で全体として長形状になるように束ねて構成されている。この各レンズ素子4aの断面形状は、後述の第3多光源像形成手段としてのオプティカル・インテグレータ6（図1（d））の全体の断面形状と相似となるように構成されている。これにより、オプティカル・インテグレータ4を構成する各レンズ素子4aを通過する光束は、それぞれ集光されて各レンズ素子4aの射出側に光源像が形成される。従って、図1（a）において、オプティカル・インテグレータ4の射出面A2には、長形状に配列された複数の光源像が形成され、ここには実質的に3次光源が形成される。

【0022】

オプティカル・インテグレータ4によって形成された3次光源からの光束は、レンズ51及び52よりなるリレー光学系5によって集光されて、ほぼ正形状に配列された複数の光源像を形成する第3多光源像形成手段としてのフライアイレンズ型のオプティカル・インテグレータ6に入射する。図1（d）に示すよう

に、オプティカル・インテグレータ 6 は、長形状の断面を有するレンズ素子 6 a を、X 方向に 9 行、且つ Z 方向に 3 列で全体としてほぼ正形状になるように束ねて構成されている。このオプティカル・インテグレータ 6 を構成する各レンズ素子 6 a を通過する光束は、それぞれ集光されて各レンズ素子 6 a の射出側には光源像が形成される。従って、オプティカル・インテグレータ 6 の射出面 A 3 には正形状に配列された複数の光源像が形成され、ここには実質的に 4 次光源が形成される。

【0023】

図 1 (a) において、オプティカル・インテグレータ 6 の射出面 A 3 に形成される正形状に配列された複数の光源像の数は、オプティカル・インテグレータ 2 を構成するレンズ素子 2 a の数を L 個、オプティカル・インテグレータ 4 を構成するレンズ素子 4 a の数を M 個、オプティカル・インテグレータ 6 を構成するレンズ素子 6 a の数を N 個としたとき、 $L \times M \times N$ 個となる。

【0024】

なお、リレー光学系 3 はオプティカル・インテグレータ 2 の入射面 B 1 とオプティカル・インテグレータ 4 の入射面 B 2 とを光学的に共役にすると共に、オプティカル・インテグレータ 2 の射出面 A 1 とオプティカル・インテグレータ 4 の射出面 A 2 とを光学的に共役に行っている。また、リレー光学系 5 も、オプティカル・インテグレータ 4 の入射面 B 2 とオプティカル・インテグレータ 6 の入射面 B 3 とを光学的に共役にすると共に、オプティカル・インテグレータ 4 の射出面 A 2 とオプティカル・インテグレータ 6 の射出面 A 3 とを光学的に共役に行っている。

【0025】

オプティカル・インテグレータ 6 によって形成されたほぼ正形状に分布する 4 次光源からの光束は、オプティカル・インテグレータ 6 の射出面 A 3 の直後に配置されている開口絞り 7 1 の円形状の開口を通過して、断面形状が円形状の光束に変換される。開口絞り 7 1 を通過した光束は、レンズ 7 2 及び 7 3 よりなるコンデンサー光学系 7 を介して、被照射面 R 1 上に設置されているレチクル R のパターン形成面上の長形状の照明領域 8 a を照明する。コンデンサー光学系 7

は、その前側焦点位置がオブティカル・インテグレータ6の射出面（射出側焦点面）A3と一致し、且つその後側焦点位置が被照射面R1に一致するように構成されている。従って、オブティカル・インテグレータ6により形成される複数の光源像からの光束はコンデンサー光学系7の集光作用により被照射面R1を重畳的に均一な照度分布で照明する。この際に、初段のオブティカル・インテグレータ2の直後の開口絞り31の交換、又は開口絞り31の開口径の制御により、被照射面R1上での光量が制御される。

【0026】

次に、本実施例の3段のオブティカル・インテグレータ2、4及び6の作用につき説明する。まず、被照射面R1上の照明領域8aは、図1（e）に示すようにZ方向に長い長方形であり、その照明領域8a内のパターンが不図示の投影光学系を介して不図示のウエハ上に投影露光される。この際に、照明領域8aに対して短辺方向であるX方向にレチクルRを走査し、それと共役な方向にウエハを走査することにより、レチクルRの全パターンがウエハのショット領域に転写される。

【0027】

また、コンデンサー光学系7によりその長形状の照明領域8aと、オブティカル・インテグレータ6の各レンズ素子6aの入射面B3とが共役になっている。そこで、各レンズ素子6aに入射した光束の大部分が照明領域8aを照明するためには、各レンズ素子6aの断面形状を照明領域8aと相似（共役）な長方形とする必要があるが、既に説明したように本実施例ではこの条件が満たされている。具体的に各レンズ素子6aの形状は、図1（h）に示すように直方体状となっている。これにより、オブティカル・インテグレータ6に入射した光束が効率的に照明領域8a上に照射される。

【0028】

更に、オブティカル・インテグレータ6の全体の断面形状は正形状であるが、これは開口絞り71の開口としては通常円形の開口、輪体状の開口、又は円周に内接する複数個の小円開口等が使用されるため、その円形の開口又は円周に外接する図形として正形状の図形を選んだものである。

以上をまとめると、図1において、長方形の照明領域8aの長手方向（Z方向）の幅をt、短辺方向（X方向）の幅をsとして、オプティカル・インテグレータ6の各レンズ素子6aのZ方向（長手方向）の幅をm3、X方向（短手方向）の幅をn3とすると、次の関係を満たすことが望ましい。

【0029】

$$m3/n3 = s/t \quad (1)$$

次に、リレーレンズ系5により、オプティカル・インテグレータ6の入射面B3とオプティカル・インテグレータ4の各レンズ素子4aの入射面B2とが共役になっている。そのため、各レンズ素子4aに入射した光束の大部分がオプティカル・インテグレータ6の入射側端面に入射するためには、各レンズ素子4aの断面形状をオプティカル・インテグレータ6の断面形状と相似（共役）な正方形状とする必要があるが、既に説明したように本実施例ではこの条件が満たされている。具体的に、各レンズ素子4aは、図1（g）に示すように正四角柱状となっている。これにより、オプティカル・インテグレータ4に入射した光束が効率的にオプティカル・インテグレータ6に入射する。

【0030】

更に、オプティカル・インテグレータ4の全体の断面形状は長方形状であるが、これはコリメータレンズ13から射出される断面形状が円形状の光束を効率的に照明領域8aに導くために定められたものである。

以上をまとめると、3段目のオプティカル・インテグレータ6の全体のZ方向の幅をM3、X方向の幅をN3として、オプティカル・インテグレータ4の各レンズ素子4aのZ方向の幅をm2、X方向の幅をn2とすると、次の関係を満たすことが望ましい。

【0031】

$$m2/n2 = M3/N3 \quad (2)$$

なお、開口絞り71の開口は円形であるため、最終段のオプティカル・インテグレータ6の断面形状を従来例の図5（b）に示すように、ほぼ円形状又はほぼ正六角形状とすることも可能であるが、この場合には、2段目のオプティカル・インテグレータ4の各レンズ素子4aの断面形状を正六角形として、全体の断面

形状をほぼ長方形状としてもよい。

【0032】

更に、リレーレンズ系3により、オプティカル・インテグレータ4の入射面B2とオプティカル・インテグレータ2の各レンズ素子2aの入射面B1とが共役になっている。そのため、各レンズ素子2aに入射した光束の大部分がオプティカル・インテグレータ4の入射側端面に入射するためには、各レンズ素子2aの断面形状をオプティカル・インテグレータ4の断面形状と相似（共役）な長方形状とする必要があるが、既に説明したように本実施例ではこの条件が満たされている。具体的に、各レンズ素子2aは、図1（f）に示すように直方体状となっている。これにより、オプティカル・インテグレータ2に入射した光束が効率的にオプティカル・インテグレータ4に入射する。

【0033】

更に、オプティカル・インテグレータ2の全体の断面形状は正形状であるが、これは光源系1から射出される光束の断面形状がほぼ円形状であるため、その光束を効率的に受光するために定められたものである。

以上をまとめると、2段目のオプティカル・インテグレータ4の全体のZ方向（長手方向）の幅をM2、X方向（短手方向）の幅をN2として、オプティカル・インテグレータ2の各レンズ素子2aのZ方向（長手方向）の幅をm1、X方向（短手方向）の幅をn1とすると、次の関係を満たすことが望ましい。

【0034】

$$m1/n1 = M2/N2 \quad (3)$$

これら（1）式～（3）式を満たす範囲内で各オプティカル・インテグレータ2、4及び6の全体の外形、及び各レンズ素子の断面形状が設定できる。

また、照度分布均一性に関しては、最終段のオプティカル・インテグレータ6の射出面A3に多数の光源像が形成されるため、照明領域8a上では重畳効果により極めて高い照度分布均一性が得られる。以上のように本実施例によれば、オプティカル・インテグレータを3段重ねたことにより、光源系1から射出される断面形状がほぼ円形の光束により、長方形の照明領域8aが均一な照度分布（ケーラ照明）で、且つ高い照明効率で照明される。

【0035】

なお、既に述べたように本出願人は特願平5-19098号において、2段のオプティカル・インテグレータを用いた照明光学装置を提案している。そこで、その2段のオプティカル・インテグレータを用いた場合と、本実施例のように3段のオプティカル・インテグレータを用いた場合との比較を行う。

図4は、そのように2段のオプティカル・インテグレータを用いた照明光学装置中で、光源としてエキシマレーザ光源を使用し、オプティカル・インテグレータとしてフライアイレンズ型を使用した場合を示す。この図4の光源系1Bにおいて、エキシマレーザ光源14から出力される断面形状が矩形（図4（b）参照）の平行光束LBは、シリンドリカルレンズ15及び16よりなるビーム整形光学系を通過して所定のビーム断面の光束に変換される。

【0036】

光源系1Bから射出される光束は、図4（c）に示す正形状のレンズ断面を有する複数のレンズ素子42aが図4（a）の紙面に垂直な方向に1列状に配列されたオプティカル・インテグレータ42に入射する。このオプティカル・インテグレータ42の射出面E2における図4（a）の紙面と垂直な方向には1列状に配列された光源像が形成される。射出面E2近傍には円形開口を有する開口絞り55が配置され、開口絞り55内の複数の光源像からの光束は、レンズ56及び57よりなるリレー光学系5Bを通過した後、図4（d）に示すように長形状のレンズ断面を有する複数のレンズ素子62aが正形状に配列されてオプティカル・インテグレータ62に入射する。

【0037】

オプティカル・インテグレータ62の集光作用によりその射出面E3には、正形状に配列された複数の光源像が形成される。この光源像位置には円形状の開口部を有する開口絞り77が設けてあり、この開口絞り77により円形状となった複数の光源像からの光束は、レンズ78及び79よりなるコンデンサー光学系7Bを介してレチクルRの被照射面R2上の長形状の照明領域8aを照明する。このコンデンサー光学系7Bは、この前側焦点位置がオプティカル・インテグレータ62の射出面E3と一致し、この後側焦点位置がレチクルRの被照射面R

2に一致するように構成されている。これにより、オプティカル・インテグレータ62により形成される複数の光源像からの光束は、コンデンサー光学系7Bの集光作用を受けてレチクルR上の照明領域8aを重畳的に均一照明する。

【0038】

また、オプティカル・インテグレータ22の直後の開口絞り55の交換や、開口絞り55の開口径の変化により、レチクルRの照明領域8aでの光量が制御されていた。

しかしながら、この図4において、光源系1Bの代わりに図1の光源系1を用いると、光源系1からの光束の断面形状が円形であるため、オプティカル・インテグレータ42の入射面で光量損失が生じてしまう。これに対して、図1の本実施例では初段のオプティカル・インテグレータ2の断面形状が正形状であるため、その初段のオプティカル・インテグレータ2での光量損失が少なくなっている。

【0039】

次に、被照射面上での光量制御について比較すると、図4の例ではオプティカル・インテグレータ42の直後の開口絞り55により光量を制御している。この場合、オプティカル・インテグレータ42が長形状をしているため、ここからの光束を開口絞り55の円形開口で制限すると、オプティカル・インテグレータ62の各レンズ素子62aの射出面にそれぞれ形成されるオプティカル・インテグレータ42の射出面の複数の光源像の像の大きさが変化する。また、図4の照明光学装置を投影露光装置に適用した場合、その開口絞り55の配置面は投影光学系の瞳面と共役である。

【0040】

従って、開口絞り55の開口径の変化により、投影光学系の瞳面に形成される光源像が局所的に変化して、結像性能が劣化する恐れがある。オプティカル・インテグレータ62のレンズ素子62aの配列数をN1(X方向)×N2(Z方向)とすると、投影光学系の瞳面に形成される光源像の局所的な変化のX方向及びZ方向への空間的周期は(N1, N2)となる。

【0041】

これに対して、図1に示す本実施例においては、オブティカル・インテグレータを3段直列に配置し、且つ光量制御のための開口絞り31を初段のオブティカル・インテグレータ2の射出面の直後に置いている。従って、オブティカル・インテグレータ4の各レンズ素子の配列数を $M1$ （X方向） $\times M2$ （Z方向）、オブティカル・インテグレータ6の配列を $N1 \times N2$ としたとき、投影光学系の瞳面に形成される光源像の局所的変化のX方向及びZ方向への空間的周期は（ $M1 \times N2$, $M1 \times N2$ ）となり、投影光学系の瞳面に形成される光源像の輝度変化をより小さく局所化でき、投影光学系の結像性能の劣化を防ぐことが出来るという利点がある。

【0042】

次に、本発明の第2実施例につき図2を参照して説明する。本実施例は、図1の実施例を用いて円弧状の照明領域を照明するものであり、この図2において図1に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図2（a）は本実施例の照明光学装置の平面図、図2（b）はその照明光学装置の正面図であり、これら図2（a）及び（b）において被照射面R1上の長方形の照明領域が均一な照度分布で照明されている。本実施例では、その被照射面R1上に視野絞り81が設置されている。視野絞り81の開口はその長方形の照明領域より小さい長方形であり、視野絞り81の開口形状により最終的な円弧状の照明領域の形状（大きさ）が決定される。

【0043】

その視野絞り81の開口を通過した光束が、リレーレンズ82を介してトーリック型反射鏡83に入射する。この際に、リレーレンズ82の前側焦点位置は視野絞り81の配置面と一致し、リレーレンズ82の後側焦点位置を面A4とすると、面A4はオブティカル・インテグレータ6の射出面A3と共役であり、この面A4には多数の光源像が形成される。

【0044】

この場合、その光源像が形成される面A4に垂直に、且つ図2（a）及び（b）の紙面内にオブティカル・インテグレータ6の光軸AX4があるものとする。また、所定の定数 α を用いて、面A4に垂直で且つ光軸AX4からの距離が $1/\alpha$

(2 α)になる位置に面A5を設定し、面A5内で図2(b)の紙面に平行な方向にY軸、面A5内でY軸に垂直(即ち、図2(b)の紙面に垂直)にZ軸を取る。そして、Y軸上で面A4からの距離が $3/(4\alpha)$ の位置に原点Oを取り、原点Oを通りYZ平面に垂直にX軸を取る。

【0045】

次に、図2(b)に示すように、XY平面内に、上述の定数 α を用いて、 $Y = \alpha X^2$ で定義される放物線PAを想定する。この放物線PAの対称軸AX1はY軸そのものである。この放物線PAを、面A4内で光軸AX4を通り且つY軸に垂直な基準軸AX3を中心として回転させて放物トーリック状の回転面を形成し、この放物トーリック状の回転面と光軸AX4との交点を中心として、この放物トーリック状の回転面上で2つの緯線と、2つの経線とで囲まれた領域をトーリック型反射鏡83の反射面とする。トーリック型反射鏡83の反射面には、光源系1から供給される波長帯の光束に対する反射率を高めるための誘電体多層膜が形成されている。

【0046】

この場合、面A4上の光源像の1点からの光束は、実線で示すようにトーリック型反射鏡83により平行光束に変換され、面A5上にはテレセントリック性が維持された状態で円弧状の照明領域84が形成される。一方、光軸AX4に平行な光は、トーリック型反射鏡83で反射された後、面A5上のY軸上で原点Oから $1/(4\alpha)$ だけ離れた位置、即ち面A4から $1/(2\alpha)$ だけ離れた位置を通過するため、照明領域83もその位置を中心として形成されている。

【0047】

図2において、トーリック型反射鏡83の焦点距離 f は $1/(2\alpha)$ であり、トーリック型反射鏡83の入射瞳(光源側焦点位置)は、光源像形成面である面A4上にあり、面A5上にトーリック型反射鏡83の被照明物体側の焦点位置がある。その円弧状の照明領域84が形成される面A5には、レチクルRのパターン形成面が配置されている。レチクルRは、不図示のレチクルステージを介して円弧状の照明領域84に対してY軸に平行な方向(短辺方向)に一定速度で走査される。このレチクルRの下方には、例えば等倍で両側テレセントリックなミラ

ープロジェクション方式の投影光学系（不図示）が設けられている。ミラープロジェクション方式の投影光学系では、良像範囲が円弧状であるため、レチクルR上の照明領域を円弧状とすることが望ましい。照明領域84内のレチクルRのパターン像がその投影光学系を介して、レチクルRと同期して走査されるウエハW上に結像投影される。これにより、走査露光方式でレチクルRのパターンがウエハ上に逐次転写露光される。

【0048】

上述のように本実施例によれば、リレー光学系7の次にトーリック型反射鏡83が設置されているため、最終的にレチクルR上の円弧状の照明領域84を高い照度分布均一性が且つ高い照明効率で照明できる。

なお、本実施例でのトーリック型反射鏡83によりレチクルR上には、図2(c)に示す如き円弧状の照明領域84が形成されるが、ここで、円弧状の照明領域84の中心部の幅を s 、円弧状の照明領域84の円弧（弦）の長さを t 、オブティカル・インテグレータ6の各レンズ素子6aのZ方向（長手方向）の幅を m_3 、オブティカル・インテグレータ6の各レンズ素子6aのX方向（短手方向）の幅を n_3 とすると、オブティカル・インテグレータ6は上述の（1）式を満足するように構成されることが望ましい。また、オブティカル・インテグレータ6とオブティカル・インテグレータ4との相対的な関係は上述の（2）式を満足することが好ましく、更にオブティカル・インテグレータ4とオブティカル・インテグレータ2との相対的な関係は上述の（3）式を満足することがより好ましい。

次に、本発明の第3実施例につき図3を参照して説明する。本実施例はオブティカル・インテグレータとしてガラスロッド等の内面反射型のインテグレータを使用して、長形状の照明領域を照明する例であり、図3において図1に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【0049】

図3(a)は本実施例の照明光学装置の平面図、図3(b)はその照明光学装置の正面図であり、これら図3(a)及び(b)において被照射面R1上の長形状の照明領域8aの長手方向をZ軸、短辺方向をX軸として、光軸に平行にY

軸を取る。

図3 (a) 及び (b) に示す如く、光源系1 Aは、楕円鏡1 2と、楕円鏡1 2の第1焦点位置に配置され、g線(436nm)、i線(365nm)又はh線(407nm)等の光束を出力する水銀ランプ等の光源1 1から構成されている。光源系1 Aにおいて、光源1 1からの光を楕円鏡1 2の集光作用により集光し、楕円鏡1 2の第2焦点位置に光源像を形成する。

【0050】

楕円鏡1 2の第2焦点は、第1多光源形成手段としての内部反射型の長方形断面を有する光学部材2 1(図3 (c) 参照)の入射側端面C 1上に位置する様に配置され、光学部材2 1の入射側端面C 1上には光源像が形成される。光学部材2 1は例えばガラスロッドから構成されている。その光源像からの光束は光学部材2 1で内部反射を繰り返し、光学部材2 1の射出側端面D 1から射出する。このとき、光学部材2 1の入射側端面C 1には正形状に配列された複数の光源像(虚像)が形成され、光学部材2 1の入射側端面C 1上にあたかも複数の光源像があるかの如く、光学部材2 1の射出側端面D 1から光束が射出される。

【0051】

内面反射型の光学部材2 1から射出された光束は、レンズ3 4及び3 5よりなるリレー光学系3 Aを通過した後、第2多光源像形成手段としての正形状断面を有する内部反射型の光学部材4 1(図3 (d) 参照)に入射する。

このリレー光学系3 Aは、光学部材2 1の入射側端面C 1と光学部材4 1の入射側端面C 2とを光学的に共役にすると共に、光学部材2 1の射出側端面D 1と光学部材4 1の射出側端面D 2とを光学的に共役にしている。

【0052】

これにより、光学部材2 1の入射側端面C 1に形成された正形状に分布する複数の光源像からの光束は、光学部材4 1の入射側端面C 2上に正形状に分布する複数の光源像を形成する。

この光源像からの光束は、光学部材4 1で内面反射を繰り返し、光学部材4 1の射出側端面D 2から射出する。このとき光学部材4 1の入射側端面C 2には長形状に分布する複数の光源像(虚像)が形成され、あたかも光学部材4 1の入

射側端面C 2に複数の光源像があるかのように、光学部材4 1の射出側端面D 2より光束が射出される。

【0053】

光学部材4 1の射出側端面D 2より射出された光束は、レンズ5 3及び5 4よりなるリレー光学系5 Aを経て、第3多光源像形成手段としての長形状断面を持つ内部反射型の光学部材6 1（図3（e）参照）に入射する。

このリレー光学系5 Aは、光学部材4 1の入射側端面C 2と光学部材6 1の入射側端面C 3を光学的に共役にすると共に、光学部材4 1の射出側端面D 2と光学部材6 1の射出側端面D 3とを光学的に共役にしている。このため、光学部材4 1の入射側端面C 2上に形成されている複数の光源像からの光束は、光学部材6 1の入射側端面C 3上に長形状に分布する複数の光源像（実像）を形成する。

【0054】

この光学部材6 1の入射側端面C 3上に形成された複数の光源像からの光束は、光学部材6 1で内部反射を繰り返し、光学部材6 1の射出側端面D 3より射出される。このとき、光学部材6 1の入射側端面C 3には複数の光源像（虚像）が形成され、光学部材4 1からの光束により直接形成される複数の光源像（実像）と合わせて、全体で正形状に分布する複数の光源像が形成される。光学部材6 1の射出側端面D 3からは、あたかも光学部材6 1の入射側端面C 3上に複数の光源像があるかの様に光束が射出される。

【0055】

光学部材6 1から射出された光束は、コンデンサー光学系7 A内で集光レンズ7 4を通過したのち、円形開口を有する開口絞り7 5に入射する。集光レンズ7 4は、その前側焦点位置が光学部材6 1の射出側端面D 3と一致する様に配置されていると共に、集光レンズ7 4により光学部材6 1の入射側端面C 3と開口絞り7 5の配置面C 4とが共役になっている。これにより、開口絞り7 5の配置面C 4には正形状に分布する光源像が形成され、開口絞り7 5の例えば円形の開口により、円形状に分布する複数の光源像に変換される。

【0056】

開口絞り 75 の開口内の光源像からの光束は、コンデンサーレンズ 76 により集光作用を受け、レチクル R の被照射面 R1 上の照明領域 8a を照明する。コンデンサーレンズ 76 の前側焦点位置は開口絞り 75 の配置面 C4 と一致し、且つその後側焦点位置は、被照射面 R1 と一致するように構成されている。これにより、開口絞り 75 の配置面 C4 上に形成された光源像からの光束は、被照射面 R1 上で、長形状の照明領域 8a を重疊的に均一な照度で照明する。

【0057】

本実施例においては、長形状の照明領域 8a と共役な光学部材 61 の射出側端面 D3 は、その照明領域 8a と相似（共役）な長形状であるため、光学部材 61 から射出された光束は効率的に照明領域 8a を照明する。また、2 段の光学部材 41 及び 61 により照明領域 8a における X 方向及び Z 方向の照度分布の均一性が高められている。しかも、初段の光学部材 21 の入射側端面 C1 の中央部には、光源 11 の像が形成されるため、光源系 1A から供給される光束の断面形状が円形状であっても、光量損失が生じない利点がある。

ここで、本実施例で使用される光学部材 21, 41, 61 の最適な構成例につき説明する。まず、照明領域 8a の長辺方向（Z 方向）の幅を t 、短辺方向（X 方向）の幅を s として、3 段目の光学部材 61 の Z 方向（長手方向）の幅を v_3 、X 方向（短手方向）の幅を u_3 とすると、照明領域 8a と光学部材 61 の射出側端面とが共役であるため、次の関係が成立することが望ましい。

【0058】

$$s / t = u_3 / v_3 \quad (4)$$

また、リレー光学系 5A の結像倍率を β_{5A} として、2 段目の光学部材 41 の Z 方向の幅を v_2 、X 方向の幅を u_2 とすると、次の関係が成立することが望ましい。但し、本実施例では $v_2 = u_2$ が成立している。

$$u_2 = \beta_{5A} \cdot u_3 \quad (5)$$

また、リレー光学系 3A の結像倍率を β_{3A} として、初段の光学部材 21 の Z 方向（長手方向）の幅を v_1 、X 方向（短手方向）の幅を u_1 とすると、次の関係が成立することが望ましい。但し、本実施例では $v_2 = u_2$ が成立している。

【0059】

$$u_1 = \beta_{3A} \cdot u_2 \quad (6)$$

これらの関係が成立することにより、照明領域 8a が高い照明効率で、且つ高い照度分布均一性（ケーラー照明）で照明される。

なお、光学部材 21, 41, 61 としてはロッドガラスの他に、中空の角柱状の内面反射型の光学部材を使用してもよい。

【0060】

また、本発明において、第1多光源像形成手段～第3多光源像形成手段として、フライアイレンズ型のオプティカル・インテグレータと、内面反射型の光学部材とを混ぜて使用してもよいことは言うまでもない。

更に、上述実施例では、光源系として水銀ランプ等の光源からの光束を楕円鏡で集光する系が使用されているが、例えばレーザ光源を使用するような場合でもそのレーザ光源から射出される光束の断面形状がほぼ円形状であるときには、本発明を適用して3段のオプティカル・インテグレータを用いることにより、照度分布均一性の条件と照明効率の条件とを満たすことができる。

【0061】

このように本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0062】

【発明の効果】

本発明によれば、3段の多光源像形成手段を配置しているため、光源系から供給される光束の断面形状が例えば円形状であっても、その光源系からの光束を効率的に取り込むことができる。従って、高い照度分布均一性で、且つ高い照明効率で被照射面上の長方形状又は円弧状等の照明領域を照明できる利点がある。

【0063】

従って、本発明を投影光学系を有する投影露光装置の照明系として適用した場合には、光源像が形成される投影光学系の瞳面での照度分布が均一に出来るため、投影光学系の十分な解像力及び焦点深度の性能を引き出すことが出来る。

また、第1多光源像形成手段が、長方形状の断面を有する複数のレンズ素子よりなる場合には、そのレンズ素子の入射面と被照射面とを共役にする事により

、その被照射面上の長形状の照明領域を効率的に照明できる。

【0064】

次に、第2多光源像形成手段が、少なくとも1列に配列された複数のレンズ素子からなる場合には、全体としての照明効率を高めることができる。

また、第3多光源像形成手段が、長形状の断面を有する複数のレンズ素子からなる場合には、特に第2多光源像形成手段がフライアイレンズ型のオプティカル・インテグレータで、且つ断面形状が長形状のときの照明効率を高めることができる。

【0065】

更に、第1、第2及び第3多光源像形成手段の内の少なくとも1つを、内面反射型の光学部材で構成した場合には、光学系の構成が簡略化できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による照明光学装置の第1実施例を示す図であり、(a)はその実施例をZ方向から見た正面図、(b)はオプティカル・インテグレータ2の入射面を示す図、(c)はオプティカル・インテグレータ4の入射面を示す図、(d)はオプティカル・インテグレータ6の入射面を示す図、(e)は照明領域を示す図、(f)はレンズ素子2aを示す拡大斜視図、(g)はレンズ素子4aを示す拡大斜視図、(h)はレンズ素子6aを示す拡大斜視図である。

【図2】

本発明による照明光学装置の第2実施例を半導体製造用の露光装置に適用したときの構成を示す図であり、(a)はその実施例を示す平面図、(b)はその実施例の正面図である。

【図3】

本発明による照明光学装置の第3実施例を半導体製造用の露光装置に適用したときの構成を示す図であり、(a)はその実施例を示す平面図、(b)はその実施例を示す正面図、(c)は光学部材21を示す拡大斜視図、(d)は光学部材41を示す拡大斜視図、(e)は光学部材61を示す拡大斜視図である。

【図4】

本出願人の先願に係る照明光学装置の一例の構成を示す図である。

【図5】

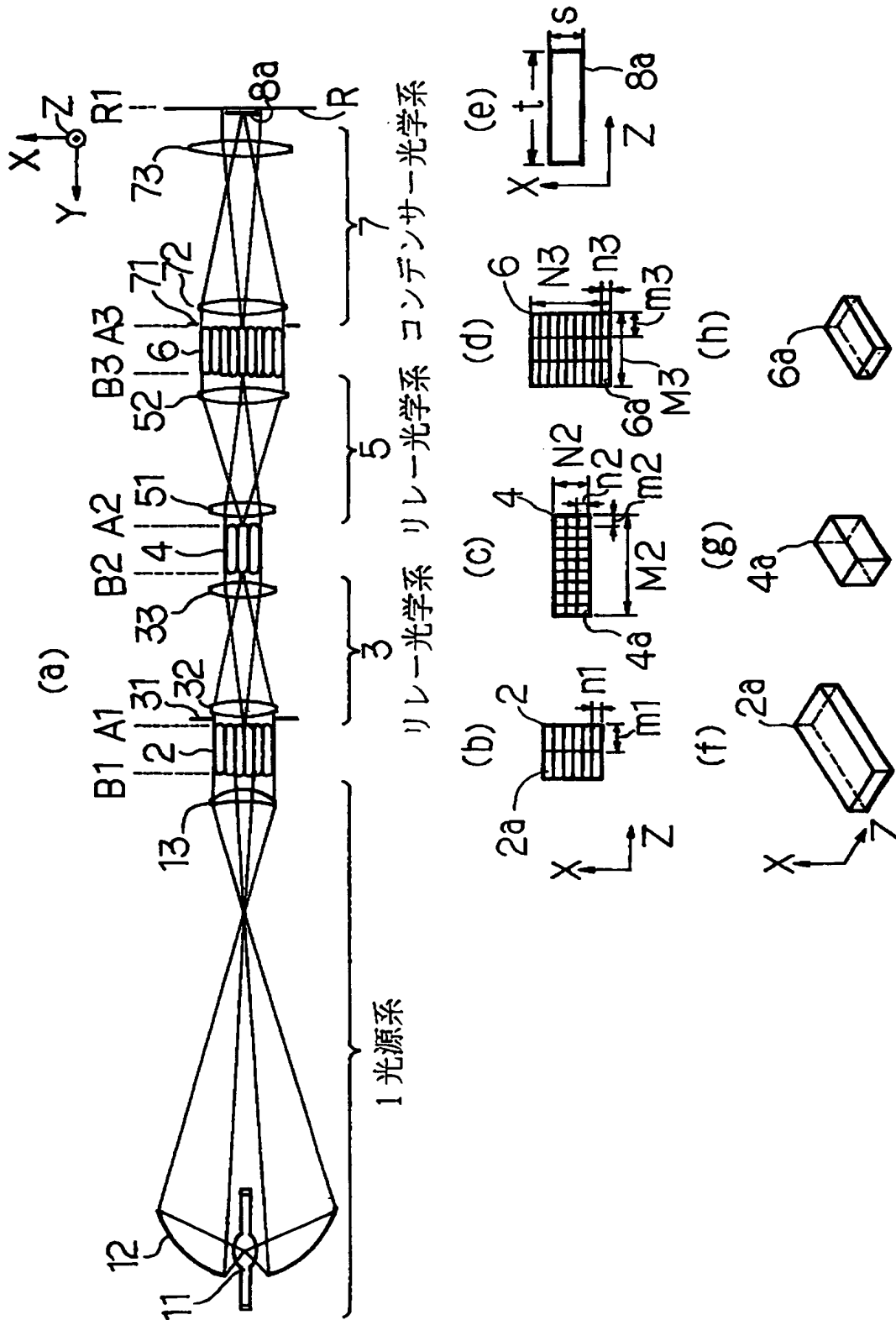
従来の照明光学装置を半導体製造用の露光装置に適用したときの構成を示す図である。

【符号の説明】

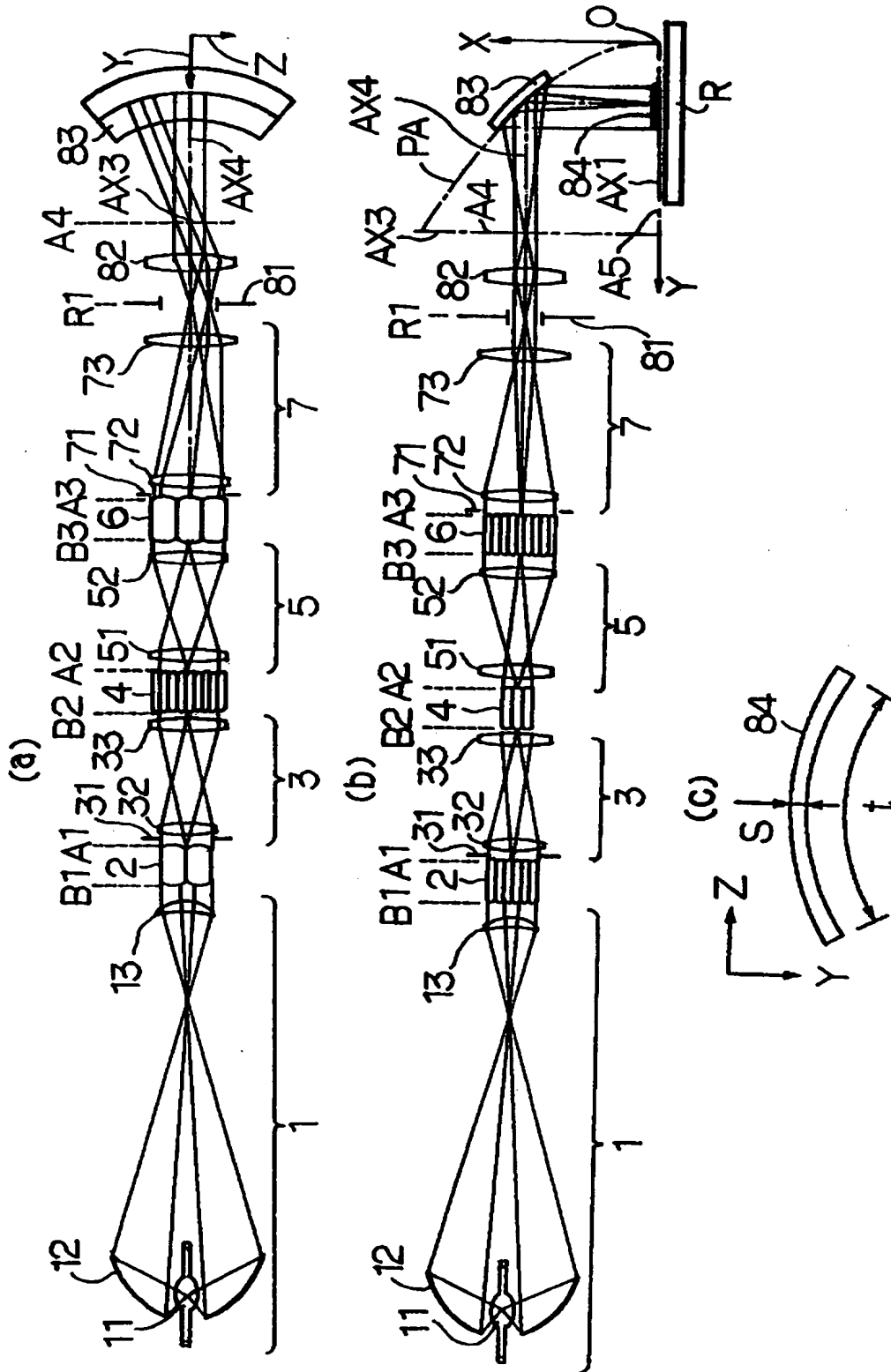
- 1 光源系
- 2, 4, 6 オプティカル・インテグレータ
- 3, 5 リレー光学系
- 3A, 5A リレー光学系
- 7 コンデンサー光学系
- 7A コンデンサー光学系
- R1 被照射面
- R レチクル
- 8a 照明領域
- 11 水銀ランプ等の光源
- 12 楕円鏡
- 13 コリメータレンズ
- 21, 41, 61 内面反射型の光学部材
- 31 開口絞り
- 71 開口絞り
- 83 トーリック型反射鏡

【書類名】 図面

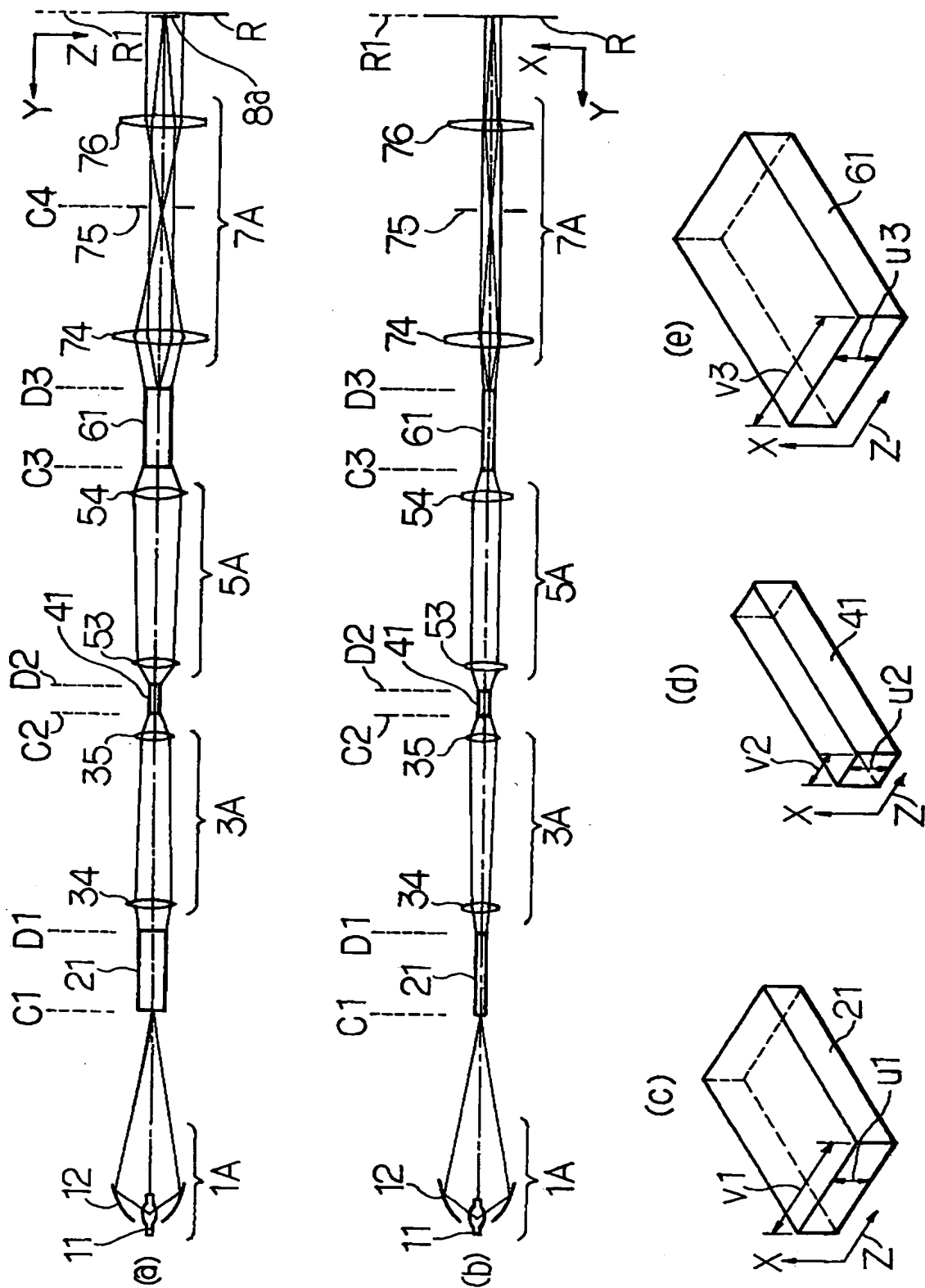
【図1】



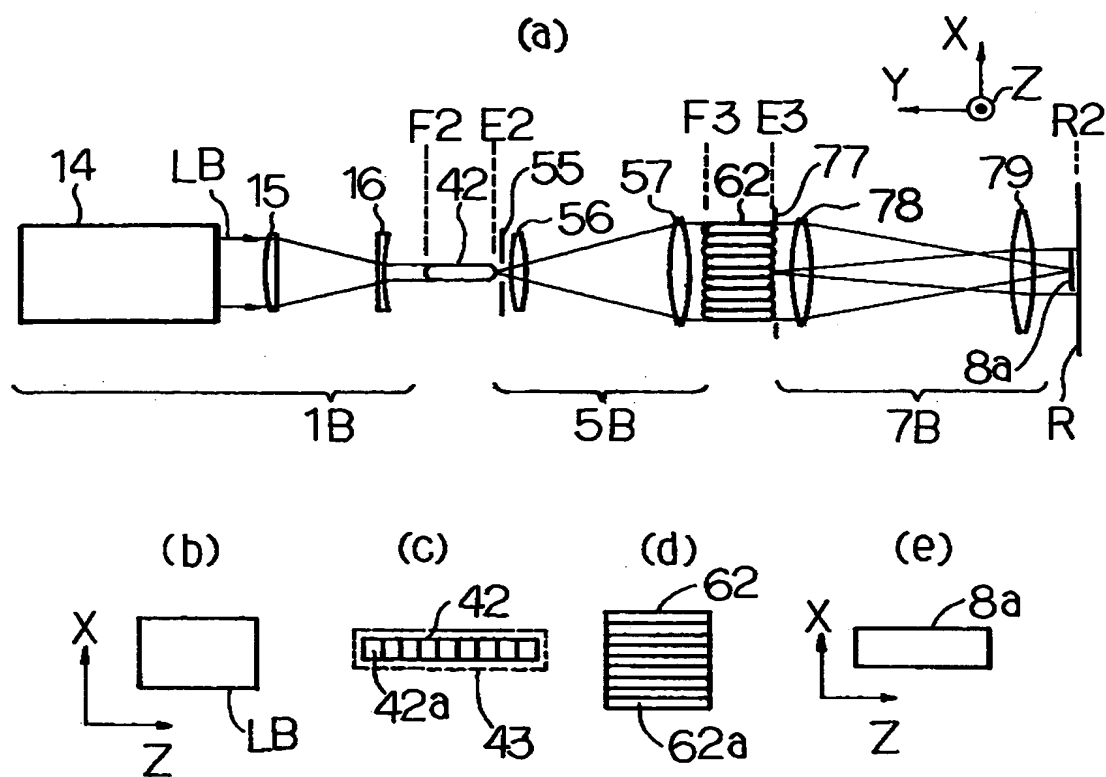
【图2】



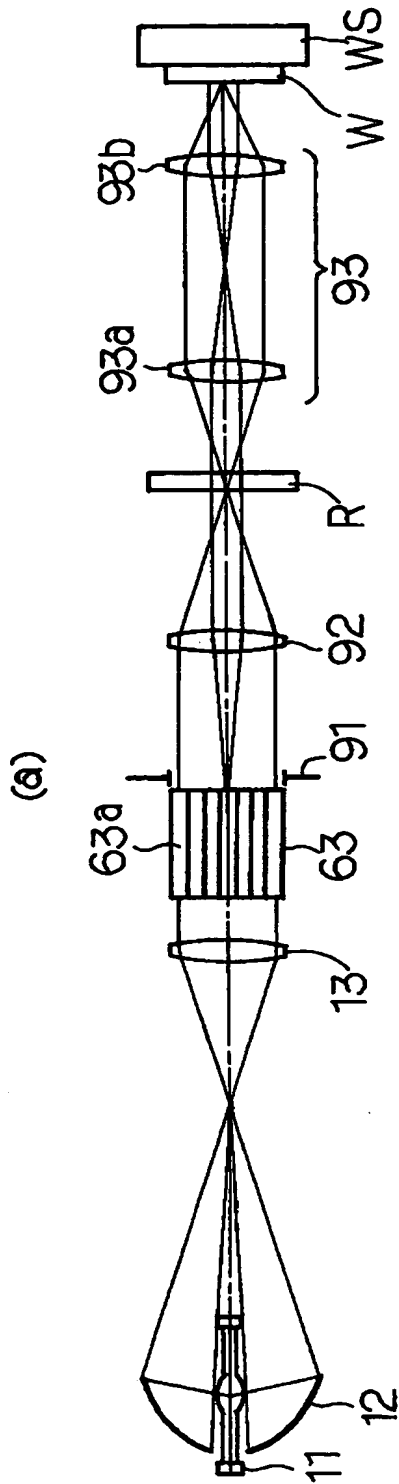
【図3】



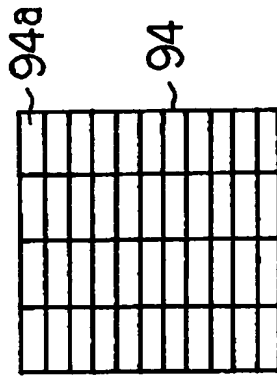
【図4】



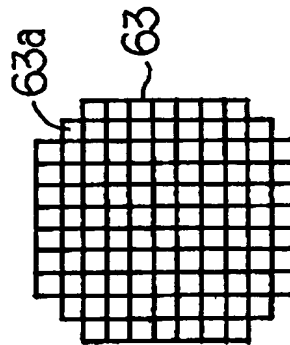
【図5】



(c)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 断面形状が例えば円形状の光束を供給する光源を用いて被照射面上の長方形状又は円弧状等の照明領域を、高い照度分布均一性で、且つ高い照明効率で照明する。

【構成】 光源 11 からの光束を楕円鏡 12 で集光した後、コリメータレンズ 13 を介して平行光束に変換して断面形状が正方形状のオプティカル・インテグレータ 2 に供給する。オプティカル・インテグレータ 2 からの光束をリレー光学系 3 を介してオプティカル・インテグレータ 4 に供給し、これからの光束をリレー光学系 5 を介してオプティカル・インテグレータ 6 に供給し、これからの光束をコンデンサー光学系 7 を介して長方形状の照明領域 8 a に照射する。

【選択図】 図 1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】 申請人

【識別番号】 100098165

【住所又は居所】 神奈川県川崎市多摩区登戸2075番2-501

大森特許事務所

【氏名又は名称】 大森 聡

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINEs OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.